

## ANALISA DAKTILITAS KOLOM AKIBAT PENGEKANGAN METODE MANDER *Ductility Analysis of Column by Confined Concrete Mander Method*

Fathmah Mahmud\*

### Abstrak

Daktilitas merupakan suatu parameter yang dapat dipakai untuk mengukur kinerja suatu elemen maupun struktur dalam hal ketahanannya terhadap beban yang terus menerus dikenakan sampai fase inelastis

Daktilitas kurvatur kolom dalam studi ini akan dihitung menggunakan bantuan program XTRACT. Adapun efek pengekangan pada kolom ikut diperhitungkan dalam perhitungan daktilitas ini, yaitu bagian inti betonnya didefinisikan sebagai confined concrete (beton terkekang) yang memakai perumusan Mander, Priestley, dan Park (1988). Karena jarak sengkang sesuai SNI - 03 - 2847 - 2002 ps. 23.4.4.2 sangat berdekatan maka dilakukan analisa dengan jarak yang lebih besar

Kolom A 150 x150 tulangan memanjang 4  $\Phi$  16 dengan jarak sengkang 90 mm, menunjukkan daktilitas 16,36 > 16, kolom B 200 x 200 tulangan memanjang 8  $\Phi$  16 dengan jarak sengkang 90 mm, menunjukkan daktilitas 19,36 > 16. Dengan pengekangan meningkatkan kekuatan beton kolom A dari 20 MPa menjadi 24,36 MPa, sedang kolom B dari 20 MPa menjadi 24,9021 MPa.

Kata kunci : Kolom, Daktilitas, Pengekangan, Xtract

### PENDAHULUAN

Daktilitas adalah kemampuan suatu elemen struktur untuk berdeformasi inelastik tanpa kehilangan kekuatan yang berarti. Dengan begitu, daktilitas merupakan suatu parameter yang dapat dipakai untuk mengukur kinerja suatu elemen maupun struktur dalam hal ketahanannya terhadap beban yang terus menerus dikenakan sampai fase inelastis.

Daktilitas kolom dapat dibedakan menjadi daktilitas kurvatur dan daktilitas perpindahan. Daktilitas kurvatur adalah daktilitas yang dihitung berdasarkan kemampuan dari penampang (dimensi dan penulangan) suatu elemen. Daktilitas perpindahan adalah daktilitas yang dihitung berdasarkan perpindahan ultimate suatu elemen terhadap perpindahan leleh elemen tersebut. Daktilitas perpindahan mempunyai satu kekurangan, karena dia merupakan suatu fungsi panjang bentang, sehingga nilai daktilitas ini berbeda tergantung letaknya. Daktilitas kurvatur-lah yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kemampuan penampang suatu elemen tanpa harus memperhitungkan letaknya pada bentang.

Jika jarak sengkang terlalu dekat sesuai dengan persyaratan SNI - 03 - 2847 - 2002 ps. 23.4.4.2, bisa memperbesar jarak sengkang dengan melakukan analisa daktilitas kolom.

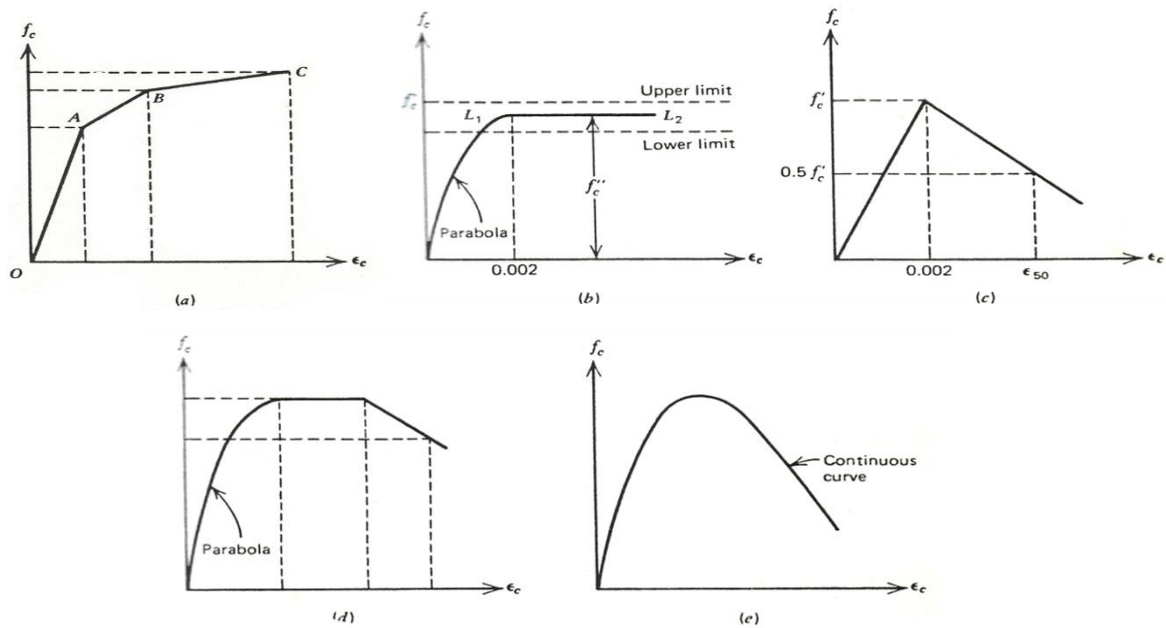
### TINJAUAN PUSTAKA

Kolom beton bertulang akan meningkat kemampuannya apabila dilakukan pengekangan. Pada umumnya pengekangan dilakukan menggunakan sengkang (tulangan transversal), baik itu yang berbentuk segi empat maupun yang berbentuk spiral. Hasil pengujian dari berbagai peneliti sebelumnya telah menunjukkan bahwa pengekangan oleh tulangan transversal sangat mempengaruhi karakteristik atau perilaku tegangan-regangan beton (*Park-Paulay, 1975*). Banyak peneliti seperti Kent dan Park, Sheikh dan Uzumeri, Ravzi dan Saatcioglu, Legeron dan Paultre, Mander, Chan dan Blume, Baker, Roy

---

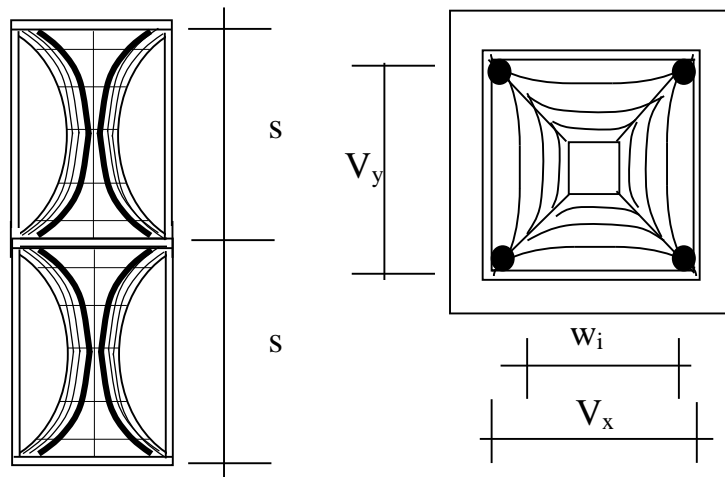
\* Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram Jl. Majapahit 62 Mataram, [fathmah\\_mahmud@yahoo.com](mailto:fathmah_mahmud@yahoo.com)

dan Sozen, Soliman dan Yu, Sargin, dan masih banyak lainnya telah mengusulkan berbagai bentuk kurva tegangan-regangan beton yang dikekang, seperti pada Gambar 1



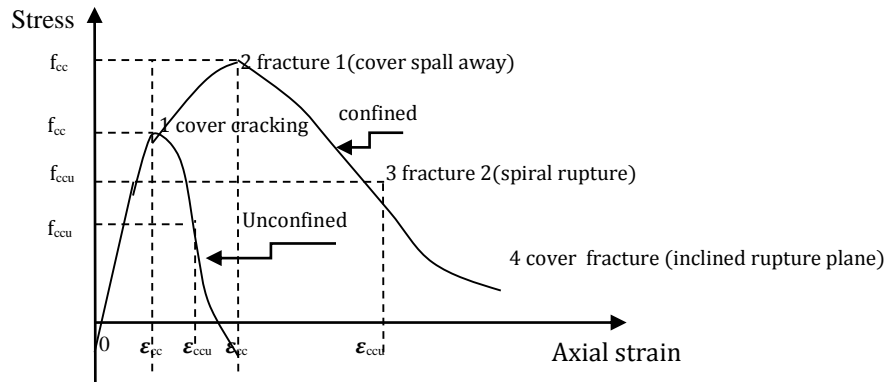
Gambar 1. Beberapa usulan kurva tegangan-regangan beton yang dikekang oleh sengkang persegi, (a) Chan dan Blume; (b) Baker; (c) Roy dan Sozen; (d) Soliman dan Yu; (e) Sargin. Sumber : Park, Paulay (1975)

Menurut Cusson dan Poutre, 1995, beton yang terkekang secara efektif dapat dinyatakan dalam daerah inti beton ketika tegangan beton penuh terbentuk aksi busur (*arching action*)



Gambar 2. Aksi busur pada beton terkekang dengan sengkang persegi dengan tulangan memanjang, sumber Cusson, 1995.

Mander, dkk, 1984 menjelaskan pada kurva tegangan dan regangan terdapat peningkatan  $f'_{cc}$  berarti peningkatan nilai momen nominal akibat pengekangan. Ada lima parameter kontrol yaitu  $f'_{cc}$ , regangan tekan puncak  $\epsilon_{cc}$ , tegangan tekan ultimit  $f_{ccu}$ , regangan tekan ultimit  $\epsilon_{ccu}$  dan modulus elastis  $E_c$ .



Gambar 3. Parameter kontrol pada Kurva Tegangan dan Regangan beton terkekang  
 Sumber : Mander,1988

Mander et al. (1988) mengusulkan sebuah pendekatan kurva tegangan-regangan untuk beton terkekang yang dapat diaplikasikan baik untuk tulangan sengkang berbentuk lingkaran (*circular*) maupun persegi (*rectangular*). Penulangan transversal (sengkang) bisa berbeda-beda bentuknya, bisa berupa sengkang melingkar ataupun spiral, bisa juga berupa sengkang persegi dengan atau tanpa sengkang menyilang (*cross ties*).

Untuk mengembangkan model ini, dilakukan eksperimen berskala penuh terhadap kolom beton bertulang terkekang, dengan mutu beton 30 MPa dan baja dengan kuat leleh (*yield strength*) sekitar 300 MPa. Pemodelan tegangan-regangan ini merujuk pada persamaan yang diusulkan oleh Popovics (1973). Hanya satu persamaan yang dipakai untuk merumuskan model ini, yaitu :

$$f_c = \frac{f'_{cc} x r}{r - 1 + x^r}; \quad \dots\dots\dots (1)$$

dengan,

$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}}; \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$E_c = 5000 \sqrt{f'_c} \text{ MPa} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$E_{sec} = \frac{f'_{cc}}{\epsilon_{cc}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\epsilon_{cc} = \epsilon_{co} \left[ 1 + 5 \left( \frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right] \quad \dots\dots\dots (6)$$

$\epsilon_{co}$  biasanya diasumsikan sebesar 0.002.

$$f'_{cc} = f'_c \left( -1.254 + 2.254 \sqrt{1 + \frac{7.94 f'_l}{f'_c}} - 2 \frac{f'_l}{f'_c} \right) \quad \dots\dots\dots (7)$$

Tegangan pengekang lateral efektif  $f'_l$  ditentukan dengan prinsip yang sama dengan yang telah ditentukan oleh pemodelan Sheikh dan Uzumeri (1982) sebelumnya. Area yang diarsir (Gambar 4) diperhitungkan sebagai area yang tidak terkekang secara efektif. Karena itu, perbedaan konfigurasi penulangan sengkang akan memberikan efektifitas pengekangan yang berbeda pula, seperti yang ditunjukkan oleh persamaan:

$$K_e = \frac{A_e}{A_{cc}} \dots\dots\dots (8)$$

Tegangan pengekang lateral efektif  $f'_l$  kemudian dihitung dengan persamaan:

$$f'_l = \frac{1}{2} K_e \rho_s f_{yh} \dots\dots\dots (9)$$

Koefisien efektifitas pengekangan untuk sengkang persegi (*rectangular hoops*):

$$K_e = \frac{\left(1 - \sum_{i=1}^n \frac{(w'_i)^2}{6b_c d_c}\right) \left(1 - \frac{s'}{2b_c}\right) \left(1 - \frac{s'}{2d_c}\right)}{(1 - \rho_{cc})} \dots\dots\dots (10)$$

Regangan beton ultimate,  $\varepsilon_{cu}$  dianggap terjadi setelah kegagalan sengkang. Dengan penaksiran yang cermat, regangan batas (ultimate) diberikan oleh persamaan:

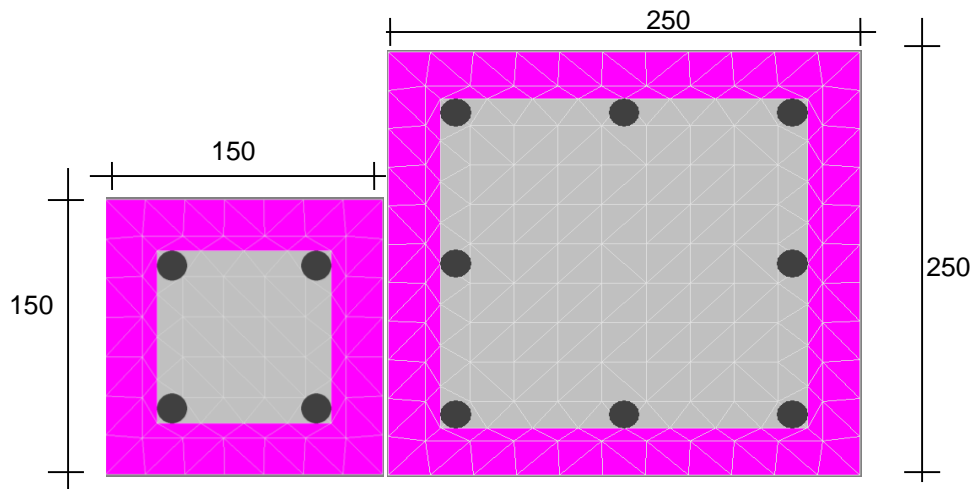
$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + 1.4 \rho_s f_{yh} \varepsilon_{sm} / f'_c \dots\dots\dots (11)$$

## METODE PENELITIAN

Daktilitas kurvatur kolom dalam studi ini akan dihitung menggunakan bantuan program XTRACT. Adapun efek pengekangan pada kolom ikut diperhitungkan dalam perhitungan daktilitas ini, yaitu bagian inti betonnya didefinisikan sebagai *confined concrete* (beton terkekang) yang memakai perumusan Mander, Priestley, dan Park (1988).

Dalam program XTRACT, material dibedakan menjadi tiga (seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4), sebagai berikut:

- Selimut beton (yang berwarna merah muda) didefinisikan sebagai material beton tidak terkekang (*unconfined*), yang juga memakai persamaan Mander sebagai fungsi tegangan-regangannya.
- Inti beton (yang berwarna abu-abu) didefinisikan sebagai material *confined concrete* (beton terkekang) yang memakai persamaan Mander, et al. Dengan adanya definisi ini maka inti beton akan lebih kuat, dan tentu saja akan memberi kontribusi yang berarti bagi bentuk diagram momen-kurvturnya, dikarenakan beton terkekang mampu mencapai regangan ultimate yang lebih panjang daripada beton tak terkekang, sehingga momen-kurvatur beton tak terkekang juga akan lebih panjang daripada beton tak terkekang.
- Tulangan baja (yang berwarna hitam) didefinisikan sebagai baja biasa dengan mutu 320 MPa dalam analisa ini.



Gambar 4. Kolom A, Kolom B

Dan sesuai SNI - 03 – 2847 – 2002 ps. 23.4.4.2, spasi maksimum yang diijinkan untuk tulangan transversal adalah :

$$s < \frac{1}{4} \text{ dimensi terkecil komponen struktur}$$

$$s < 6 \times \text{diameter tulangan longitudinal} = 6 \times 16 = 48 \text{ mm}$$

$$s = 100 \text{ mm}$$

Kolom A

$$s = \frac{1}{4} \cdot 150 = 37,5 \text{ mm (menentukan!)}$$

$$s = 6 \times 16 = 48 \text{ mm}$$

Kolom B

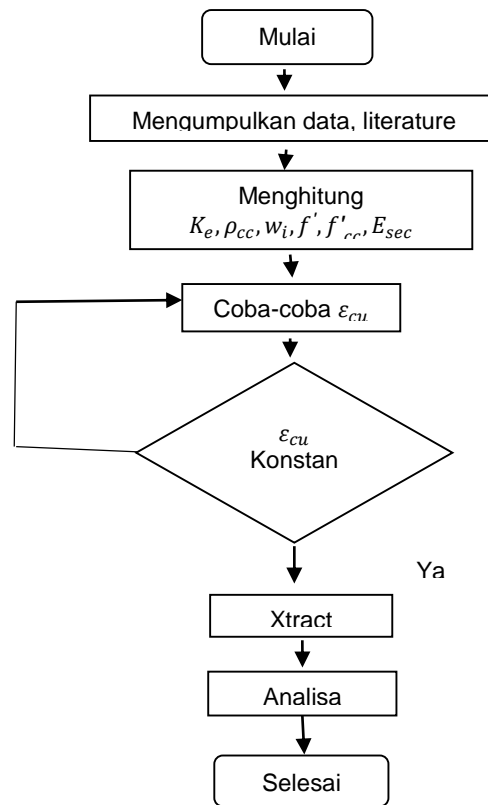
$$s < \frac{1}{4} \cdot 250 = 65 \text{ mm}$$

$$s < 6 \times 16 = 48 \text{ mm (menentukan!)}$$

$$s = 100 \text{ mm}$$

Karena jarak sengkang sesuai SNI - 03 – 2847 – 2002 ps. 23.4.4.2 sangat berdekatan maka dilakukan analisa dengan jarak yang lebih besar. Untuk mengecek persyaratan tekuk tulangan longitudinal, dipakai referensi oleh Priestley and Paulay (1992) dalam bukunya "*Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*".

Untuk analisa daktilitas digunakan program bantu Xtract, data input pada Xtract memakai persamaan Mander.



Gambar 5. Bagan alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kolom A

Dengan data-data penampang kolom:

$b = 150 \text{ mm}$

$h = 150 \text{ mm}$

$f'_c = 20 \text{ MPa}$

$f_y = 320 \text{ MPa}$

$f_{yh} = 240 \text{ MPa}$

$A_g = 22500 \text{ mm}^2$

dia. Sengkang = 8 mm

dia. tul. Utama = 16 mm

$\epsilon_{cu \text{ unconfined}} = 0.003$

$\beta_1 = 0.85$

$E_s = 200000 \text{ MPa}$

deck = 20 mm (selimut beton)

spasi (s) sengkang = 90 mm

$A_t = 4 (0.25 \times \pi \times 16^2) = 804,2477 \text{ mm}^2$

Perhitungan  $K_e$  :

- Menghitung lebar efektif,  $b_c$  dan  $d_c$ :

$$b_c = b - 2 \times \text{deck} - \text{dia. sengkang} = 150 - 2 \times 20 - 8 = 102 \text{ mm}$$

$$d_c = b - 2 \times \text{deck} - \text{dia. sengkang} = 150 - 2 \times 20 - 8 = 102 \text{ mm}$$

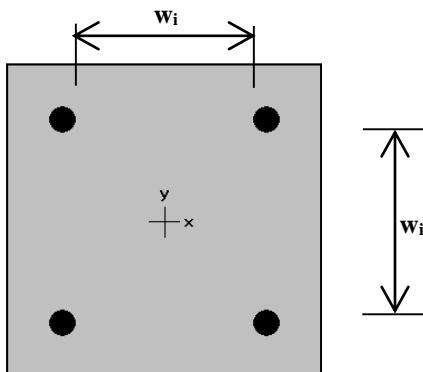
Luas inti beton terkekang:

$$A_{cc} = b_c \times d_c = 102 \times 102 = 10404 \text{ mm}^2$$

- Menghitung  $\rho_{cc}$  :

$$\rho_{cc} = \frac{A_t}{A_{cc}} = \frac{804,2477}{10404} = 0.077302$$

- Menghitung  $w_i$  :



$$w_i = b - 2 \times \text{deck} - 2 \times \text{dia. sengkang} - 2 \times \text{dia. tul. utama} \\ = 150 - 2 \times 20 - 2 \times 8 - 2 \times 16 = 62 \text{ mm}$$

- Menghitung  $K_e$  :

$$K_e = \frac{\left(1 - \sum_{i=1}^n \frac{(w_i')^2}{6b_c d_c}\right) \left(1 - \frac{s'}{2b_c}\right) \left(1 - \frac{s'}{2d_c}\right)}{(1 - \rho_{cc})}$$

$$K_e = \frac{\left(1 - 4 \frac{(62)^2}{6 \times 102 \times 102}\right) \left(1 - \frac{90}{2 \times 102}\right) \left(1 - \frac{90}{2 \times 102}\right)}{(1 - 0.077302)} = 0.19833$$

Perhitungan tegangan pengekang efektif,  $f'_i$  :

- Menghitung  $\rho_s$  :

$$V_c = A_{cc} \times s = 10404 \times 90 = 780300 \text{ mm}^3$$

$$V_s = A_{sh} \times 2 \times (b_c + d_c) = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 8^2\right) \times 2 \times (102 + 102) = 20508.3 \text{ mm}^3$$

$$\rho_s = \frac{V_s}{V_c} = \frac{20508.3}{780300} = 0.026283$$

- Menghitung  $f'_i$ :

$$f'_i = \frac{1}{2} K_e \rho_s f_{yh} = \frac{1}{2} 0.19833 \times 0.026283 \times 240 = 0.19833 \text{ MPa}$$

Perhitungan tegangan puncak,  $f'_{cc}$  :

$$f'_{cc} = f'_c \left( -1.254 + 2.254 \sqrt{1 + \frac{7.94 f'_i}{f'_c}} - 2 \frac{f'_i}{f'_c} \right)$$

$$f'_{cc} = 20 \left( -1.254 + 2.254 \sqrt{1 + \frac{7.94 \times 0,19833}{20}} - 2 \frac{0,19833}{20} \right) = 24.036 \text{ MPa}$$

**Perhitungan r :**

- Menghitung  $E_c$  dan  $E_{sec}$

$$E_c = 5000 \sqrt{f'_c} = 5000 \sqrt{20} = 22360.7 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{cc} = \epsilon_{co} \left[ 1 + 5 \left( \frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right] = 0.002 \left[ 1 + 5 \left( \frac{24,036}{20} - 1 \right) \right] = 0.004018$$

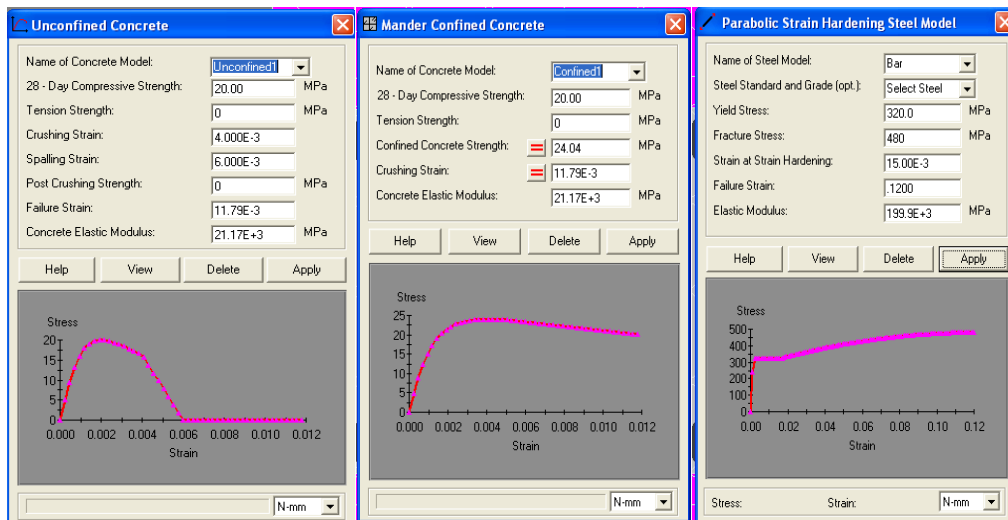
$$E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\epsilon_{cc}} = \frac{24,036}{0.004018} = 5981,958 \text{ MPa}$$

- Menghitung r :

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} = 1.3652$$

Untuk mendapatkan nilai  $\epsilon_{cu}$  dengan coba coba dengan  $\epsilon_{cu} = 0.004 + 1.4 \rho_s f_{yh} \epsilon_{sm} / f'_{cc}$  didapat nilai  $\epsilon_{cu} = 0,011791$

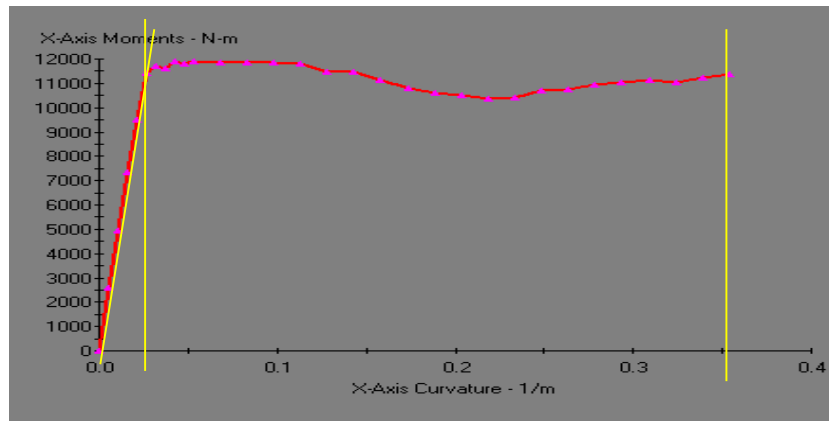
Data-data input Xtract dari analisa Mander diatas 24,036 MPa, dan regangan ultimate inti kolom terkekang mencapai 0.0117791. Nilai regangan ini kemudian dimasukkan ke dalam program Xtract, dan diperoleh diagram momen-kurvaturnya seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5 berikut :



Gambar 6. Infut Xtract sesuai dengan persamaan mander kolom A

Dari Gambar 6, dapat kita tentukan daktilitas elemen kolom tersebut dengan cara membaca kurvatur ultimatinya ( $\phi_u$ ), dan kemudian membandingkannya dengan kurvatur leleh pertama ( $\phi_y$ ). Nilai rasio inilah yang menunjukkan tingkat daktilitas elemen kolom tersebut, yaitu seberapa lama kolom tersebut akan bertahan untuk terus berdeformasi sebelum runtuh.





Gambar 7. Grafik momen kurvatur Kolom A

Dari Gambar 7 terbaca Nilai  $\mu_{\phi} = \phi_u/\phi_y = 0,36/0,022 = 16,36$

Sesuai syarat SNI 1726, daktilitas kurvatur penampang  $\geq 16$  untuk menjamin daktilitas penuh (berarti penampang OK).

### Kolom B

Dengan data-data penampang kolom:

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$f_c' = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 320 \text{ MPa}$$

$$f_{yh} = 240 \text{ MPa}$$

$$A_g = 62500 \text{ mm}^2$$

$$\text{dia. Sengkang} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{dia. tul. Utama} = 16 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{cu \text{ unconfined}} = 0.003$$

$$\beta_1 = 0.85$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$\text{deck} = 20 \text{ mm (selimut beton)}$$

$$\text{spasi (s) sengkang} = 90 \text{ mm}$$

$$A_t = 4 (0.25 \times \pi \times 16^2) = 1608,5 \text{ mm}^2$$

Perhitungan  $K_e$  :

- Menghitung lebar efektif,  $b_c$  dan  $d_c$ :

$$b_c = b - 2 \times \text{deck} - \text{dia. sengkang} = 250 - 2 \times 20 - 8 = 202 \text{ mm}$$

$$d_c = b - 2 \times \text{deck} - \text{dia. sengkang} = 250 - 2 \times 20 - 8 = 202 \text{ mm}$$

Luas inti beton terkekang:

$$A_{cc} = b_c \times d_c = 202 \times 202 = 40804 \text{ mm}^2$$

- Menghitung  $\rho_{cc}$  :

$$\rho_{cc} = \frac{A_t}{A_{cc}} = \frac{1608,5}{40804} = 0.03942$$

- Menghitung  $w_i$  :

$$w_i = b - 2 \times \text{deck} - 2 \times \text{dia. sengkang} - 2 \times \text{dia. tul. utama} \\ = (250 - 2 \times 20 - 2 \times 8 - 2 \times 16)/2 = 95,5 \text{ mm}$$

- Menghitung  $K_e$  :

$$K_e = \frac{\left(1 - \sum_{i=1}^n \frac{(w_i')^2}{6b_c d_c}\right) \left(1 - \frac{s'}{2b_c}\right) \left(1 - \frac{s'}{2d_c}\right)}{(1 - \rho_{cc})}$$

$$K_e = \frac{\left(1 - 4 \frac{(95,5)^2}{6 \times 202 \times 102}\right) \left(1 - \frac{90}{2 \times 202}\right) \left(1 - \frac{90}{2 \times 202}\right)}{(1 - 0.03942)} = 0.48464$$

Perhitungan tegangan pengekang efektif,  $f'_i$  :

- Menghitung  $\rho_s$  :

$$V_c = A_{cc} \times s = 40804 \times 90 = 3060300 \text{ mm}^3$$

$$V_s = A_{sh} \times 2 \times (b_c + d_c) = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 8^2\right) \times 2 \times (202 + 202) = 40614,5 \text{ mm}^3$$

$$\rho_s = \frac{V_s}{V_c} = 0.01327$$

- Menghitung  $f'_i$  :

$$f'_i = \frac{1}{2} K_e \rho_s f_{yh} = 0,77183 \text{ MPa}$$

Perhitungan tegangan puncak,  $f'_{cc}$  :

$$f'_{cc} = f'_c \left( -1.254 + 2.254 \sqrt{1 + \frac{7.94 f'_i}{f'_c}} - 2 \frac{f'_i}{f'_c} \right)$$

$$f'_{cc} = 20 \left( -1.254 + 2.254 \sqrt{1 + \frac{7.94 \times 0,77183}{20}} - 2 \frac{0,77183}{20} \right) = 24.9021 \text{ MPa}$$

- Menghitung  $E_c$  dan  $E_{sec}$

$$E_c = 5000 \sqrt{f'_c} = 5000 \sqrt{20} = 22360.7 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} \left[ 1 + 5 \left( \frac{f'_{cc}}{f'_c} - 1 \right) \right] = 0.002 \left[ 1 + 5 \left( \frac{24,9031}{20} - 1 \right) \right] = 0.00445$$

$$E_{sec} = \frac{f'_{cc}}{\varepsilon_{cc}} = 5594,65 \text{ MPa}$$

- Menghitung  $r$  :

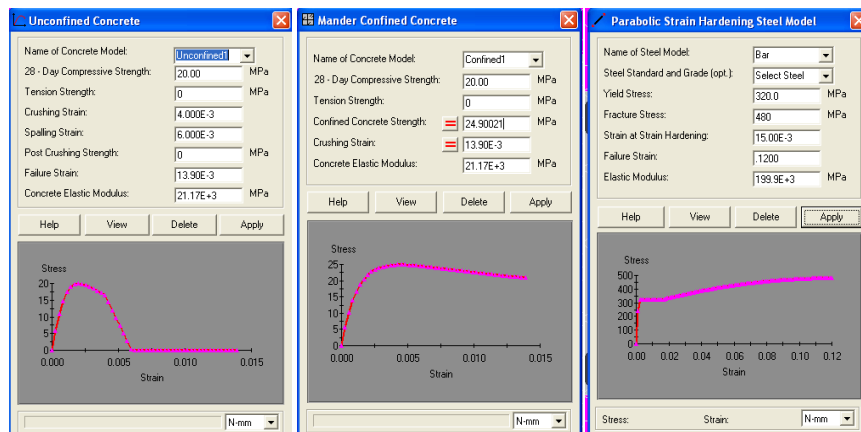
$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} = 1.33369$$

Untuk mendapatkan nilai  $\varepsilon_{cu}$  dengan coba coba dengan  $\varepsilon_{cu} = 0.004 + 1.4 \rho_s f_{yh} \varepsilon_{sm} / f'_{cc}$  didapat nilai  $\varepsilon_{cu} = 0,013897$

Keterangan:  $b_c, d_c$  = dimensi inti beton terkekang diukur dari as ke as sengkang, dalam arah x dan y penampang,  $s'$  = spasi bersih antar spiral atau antar sengkang,  $d_s$  = diameter diukur dari pusat

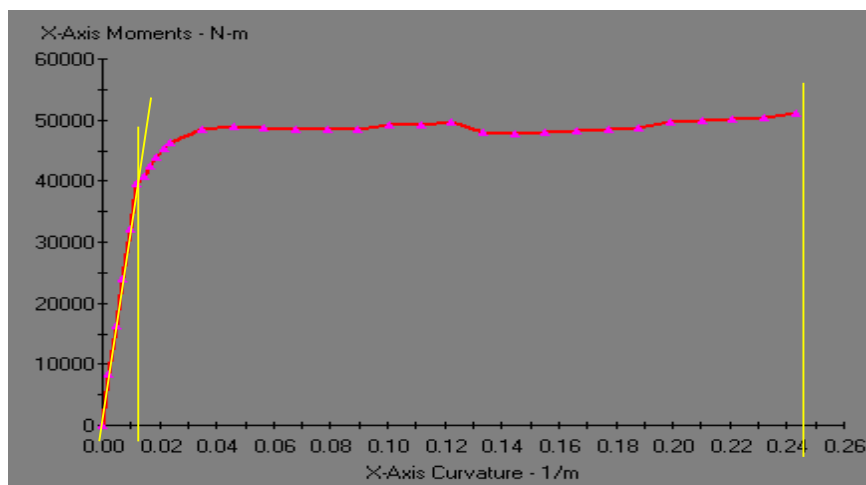
lingkaran (untuk penampang lingkaran) ke as spiral,  $A_e$  = luas area inti beton terkekang efektif,  $A_{cc}$  = area inti beton diukur sampai ke as spiral ataupun as sengkang, tapi tidak termasuk luas tulangan longitudinal,  $w'_i$  = spasi bersih ke- $i$  dari dua tulangan longitudinal yang berdekatan,  $\rho_{cc}$  = rasio luas tulangan longitudinal terhadap luas inti beton terkekang,  $\varepsilon_{cu}$  = regangan ultimate beton tekan, didefinisikan sebagai regangan pada saat kegagalan sengkang mula-mula,  $\varepsilon_{sm}$  = regangan baja pada saat mencapai tegangan tarik maksimum.

Data-data input Xtract dari analisa Mander diatas 24,9031 MPa, dan regangan ultimate inti kolom terkekang mencapai 0.013897. Nilai regangan ini kemudian dimasukkan ke dalam program Xtract, dan diperoleh diagram momen-kurvturnya seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 8. berikut :



Gambar 8. Hasil Xtract sesuai dengan persamaan mander Kolom B

Kemudian, dari Gambar 8 dapat kita tentukan daktilitas elemen kolom tersebut dengan cara membaca kurvatur ultimatunya ( $\varphi_u$ ), dan kemudian membandingkannya dengan kurvatur leleh pertama ( $\varphi_y$ ). Nilai rasio inilah yang menunjukkan tingkat daktilitas elemen kolom tersebut, yaitu seberapa lama kolom tersebut akan bertahan untuk terus berdeformasi sebelum runtuh.



Gambar 9. Grafik momen kurvatur Kolom B

Sehingga  $\mu_\varphi = \varphi_u / \varphi_y = 0,242 / 0,0125 = 19.36$

Sesuai syarat SNI 1726, daktilitas kurvatur penampang  $\geq 16$  untuk menjamin daktilitas penuh (berarti penampang OK).

Perhitungan kebutuhan sengkang sesuai SNI - 03 – 2847 – 2002 ps. 23.4.4.2 untuk kolom A hanya 37,5 mm dan untuk kolom B jarak 48mm, tetapi ini sangat berhimpitan makanya untuk analisa daktilitas ini digunakan jarak 90 mm, ternyata dari analisa daktilitas mencukupi persyaratan daktilitas kurvatur elemen yang mendekati 16. Dengan merenggangkan spasi ini, tentu saja tidak akan memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh SNI 2847, terutama Pasal 23.4.(4(1)), Pasal 23.4.(4(2)) dan Pasal 23.4.(4(3)). Meskipun demikian, hasil yang diperoleh dari studi optimasi daktilitas ini dapat dipergunakan sebagai acuan untuk menentukan spasi sengkang optimum, asalkan nilai daktilitasnya bisa dibuktikan sama dengan atau lebih besar dari 16.

## **SIMPULAN DAN SARAN**

### **Simpulan**

1. Kolom A 150 x150 tulangan memanjang 4  $\Phi$  16 dengan jarak sengkang 90 mm, menunjukkan daktilitas 16,36>16, kolom B 200 x 200 tulangan memanjang 8  $\Phi$  16 dengan jarak sengkang 90 mm, menunjukkan daktilitas 19,36 >16
2. Dengan pengekanan meningkatkan kekuatan beton kolom A dari 20 MPa menjadi 24,36MPa, sedang kolom B dari 20 MPa menjadi 24,9021 MPa

### **Saran**

Sengkang selain berfungsi sebagai pengikat tulangan memanjang, menahan beban geser dapat meningkatkan mutu kolom dan daktilitas kolom, sengkang pada kolom harus terpasang secara baik khusus untuk kait dan pengikatnya.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Badan Standarisasi Nasional (2002), *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SNI 2847-2002
- Badan Standarisasi Nasional (2002), *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Gedung*, SNI 1726-2002
- Cusson, D., and Paultre, P. (1995). "Stress-Strain Model for Confined High-Strength Concrete", *Journal of Structural Engineering*, ASCE, V
- Mander, J. B., Priestley, M. J. N., and Park, R. (1988), *Theoretical stress-strain model for confined concret*, *Journal of Structural Engineering ASCE*
- Park, R., (1990), *Precast Concrete in Seismic-Resisting Building Frames in New Zealand*, Concrete International
- Park, R., Paulay, T.,(1975), *Reinforced Concrete Structur*, New York
- Paulay, T, Priestley, M.J.N.,(1992), *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Building*,New York
- Saatcioglu, M., and Ozcebe, G. (1987), *Confinement of Concrete Columns for seismic Loading*. ACI Structural Journal
- Saatcioglu, M., and Ravzi, S. R. (1999), *Confinement Model for High-Strength Concrete*, *Journal of Structural Engineering*, ASCE
- Sheikh, S. A., and Uzumeri, S. M. (1982). *Analytical Model for Concrete Confinement in Tied Column*, *Journal of the Structural Division*, ASCE, V
- Tirtajaya, R., (2008), *Analisis Penampang Kolom Beton Bertulang Menggunakan Visual Basic 6.0 dengan Memperhitungkan Efek Pengekangan*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya